BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah merupakan buangan yang dihasilan dari suatu kegiatan baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah dapat berupa tumpukan barang bekas, sisa kotoran hewan ataupun tanaman. Bahan yang sering ditemukan dalam limbah antara lain senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, dan senyawa organik yang sulit terurai (Waluyo, 2010).

2.2 Limbah Organik

Limbah organik adalah limbah yang dapat terurai secara alami oleh mikorba. Berdasarkan asalnya, limbah organik adalah bahan-bahan yang berasal dari makhluk hidup seperti sisa aktivitas manusia, hewan ataupun tumbuhan. Limbah organik jenisnya banyak dan sangat beragam. Namun lebih spesifiknya, untuk kalangan rumah tangga, limbah organik ini terdiri dari sisa-sisa makanan, sayur-sayuran, daging-tulang, dan buah-buahan (Brata dan Nelistya, 2008).

2.3 Limbah Sayuran

Limbah sayuran adalah limbah padat organik yang mengandung kadar air yang tinggi. Di pasar tradisional dan rumah tangga sangat banyak ditemukan limbah sayuran. Macam-macam limbah sayuran yang sering ditemui adalah sawi, kubis atau kol, kangkung, bayam, buncis, wortel dan lain sebagainya. Pada limbah sawi, kadar air yang dikandung mencapai >95% dan limbah kol >90%. Bila ditinjau dari kandungan nutrisi, limbah sayuran tersebut masih memiliki kandungan nutrisi meskipun tidak sesempurna pada sayur yang masih segar. Adapun komposisi dari beberapa limbah sayuran yang dapat dilihat pada gambar 1.

Tabel 2. Komposisi beberapa jenis limbah sayuran

Jenis sayuran	Bahan kering (g)	Kalori	Protein (g)	Lemak (g)	Serat (g)	Kapur (mg)	Besi (mg)	Abu (%)	Karbohidrat (g)	Air (g)
Bayam[2]	15,20	43	5,20	tad	1,00	340	4,1	tad	6,5	86,9
Kangkung[2]	10,00	30	2,70	tad	1,10	60	2,5	tad	tad	tad
Kubis[2]	7,00	22	1,60	tad	0,80	55	0,8	tad	tad	tad
Sawi putih[2]	5,80	17	1,70	tad	0,70	100	2,6	tad	tad	tad
Kecambah kacang hijau[2]	tad	23	2,90	0,20	tad	tad	tad	tad	4,1	92,4
Daun kangkung[2]	23,80	tad	8,93	1,03	3,19	tad	tad	1,82	tad	tad
Daun singkong[1]	tad	tad	tad	tad	tad	tad	tad	1,77	tad	tad
Daun kembang kol	tad	3890	31,77	tad	13,77	tad	tad	19,93	tad	tad
Kulit jagung	tad	4351	1,94	tad	34,15	tad	tad	2,97	tad	tad

tad = tidak ada data
Sumber: [1]MANSY (2002); [2]TRUBUS (1999)

Gambar 1. Komposisi Beberapa Jenis Limbah Sayuran

2.4 Unsur Hara

Manfaat unsur hara bagi tanaman Lingga (2008) dalam buku Petunjuk Penggunaan Pupuk dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

a. Unsur hara makro, yaitu unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Unsur hara yang tergolong makro adalah :
   1. Nitrogen (untuk pertumbuhan batang, cabang, daun)
   2. Phospor (untuk pertumbuhan akar, membantu asimilasi dan pernapasan)
   3. Kalium (berguna dalam pembentukan protein dan karbohidrat)
   4. Kalsium (berguna dalam pembentukan bulu akar, pembentukan biji dan pengerasan batang tanaman.
   5. Magnesium (agar tanaman hijau daun, berperan dalam transportasi fosfat)
   6. Belerang (berguna dalam pembentukan bintil akar dan pertumbuhan anakan)

b. Unsur hara mikro, yaitu unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang tidak terlalu banyak dan bervariasi tergantung jenis tanaman. Yang tergolong unsur hara mikro adalah :
   - Klor (berguna dalam memperbaiki dan meninggikan hasil kering tanaman)
   - Besi (berperan dalam pernapasan dan pembentukan hijau daun)
   - Mangan (berperan dalam proses asimilasi dan pentig bagi enzim)
   - Tembaga (berperan dalam terbentuknya hijau daun dan bahan utama dalam enzim)
   - Boron (berperan dalam pengangkit karbohidrat dan pengisap unsur kalsium)
   - Seng (berperan dalam pembentukan hormon tumbuh)
   - Molibdenum (berperan dalam membantu mengikat nitrogen dari udara)

2.5 Pengolahan Limbah Organik

Pengolahan limbah organik dilakukan untuk meminimalisir proses dekomposisi secara anaerobik (tanpa oksigen) yang dapat menghasilkan gas metana (CH_4). Untuk menangani permasalahan limbah organik secara menyeluruh, perlu dilakukan alternatif-alternatif pengolahan. Alternatif-alternatif tersebut harus bisa menangani semua permasalahan pembuangan limbah dengan cara mendaur ulang limbah sayuran yang dibuang lalu digunakan kembali ke alam. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan metode pengeringan.

2.5.1 Metode Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan kadar air suatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandung melalui penguapan energi panas (Aril, 2003). Dengan menurunkan kadar air pada limbah sayuran, dapat meminimalisir terbentuknya lindi dan gas metana (CH_4). Berikut adalah penjelasan dari beberapa metode pengeringan.

a. *Biodrying*

Biodrying merupakan teknik pengeringan secara biologi dengan menggunakan reaktor yang dimana pada proses dekomposisi terjadi secara aerobik sehingga air yang terkandung pada sampah akan diuapkan ke atmosfer sehingga menghasilkan *solid recovered fuel* (SRF). Pada proses *biodrying* ini dapat menurunkan kadar air <20% dan CO_2 20-30% dengan lama proses 7-15 hari (Velis, 2009).

b. *Frying*

Frying merupakan teknik pengeringan dengan adanya media pemanas seperti minyak bekas. Pada saat dibakar dengan menggunakan insenerator, minyak tersebut akan ikut terbakar sehingga dapat mengurangi limbah dari minyak itu sendiri. Pada proses *frying* temperatur berkisar 140-160°C dan akan menghasilkan *sludge* yang sifatnya sulit untuk didegradasi jika disimpan, karena kandungan air pada *sludge* telah menurun dan terserapnya minyak pada bahan (Naryono, 2013).

c. *Convective Drying* (Konveksi)

Convective Drying merupakan teknik pengeringan dengan adanya kontak antara bahan dan pemanas. Pengeringan dengan bahan yang tertumpuk memiliki kandungan air yang bervariasi tergantung dari ukuran bahan yang akan dikeringkan.

d. *Conductive Drying* (Konduksi)

Conductive Drying merupakan teknik pengeringan dengan tidak adanya kontak langsung antara bahan seperti makanan atau produk farmasi dengan media panas sehingga antara bahan yang akan dikeringkan dengan media pemanas letaknya terpisah. Peralatan yang bisa digunakan dalam metode konduksi ini adalah seperti *rotary dryer* yang berbentuk tabung silinder sebagai wadah bahan yang akan dikeringkan dan adanya media pemanas diluar dari tabung silinder (Naryono, 2013).

e. Gabungan antara Konveksi dan Konduksi

Teknik pengeringan ini dilakukan dengan dua sistem pengeringan yaitu, secara kontak langsung dan tidak langsung dengan sistem

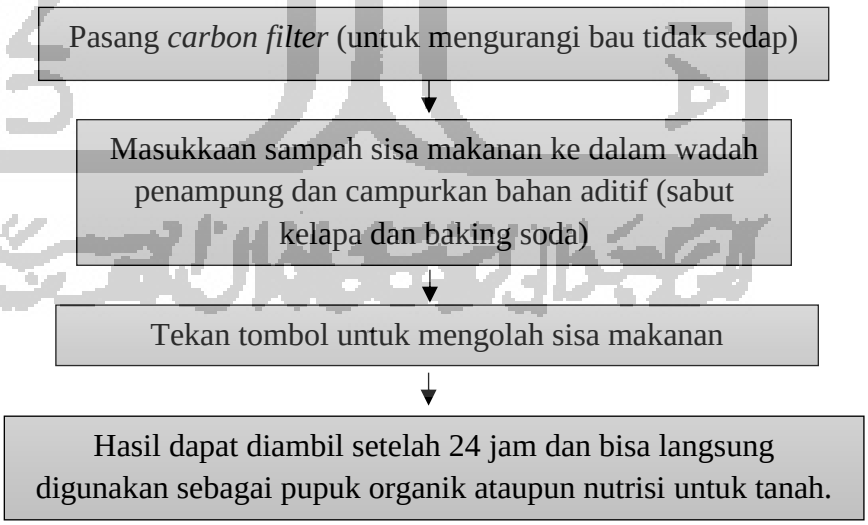
pemanasnya gas panas yang biasanya digunakan pada bahan yang memiliki kandungan air yang tinggi (Naryono, 2013).

Dari beberapa metode tersebut, pada penelitian ini digunakan metode *Conductive Drying* agar bahan limbah sayuran tidak langsung berkontak dengan sumber panas, sehingga kandungan hara tidak langsung hilang dan tetap dapat menurunkan kadar air serta massa dari limbah tersebut.

2.6 Teknologi yang Telah Dikembangkan

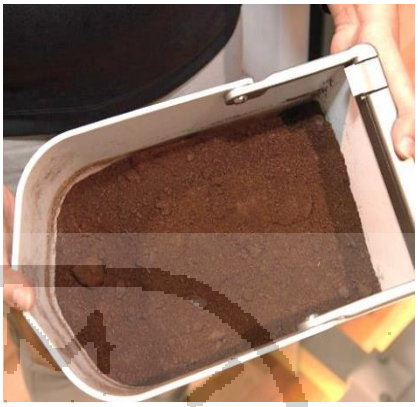
2.6.1 *Zera Food Recycler*

Pada tahun 2017, sebuah perusahaan peralatan rumah tangga yaitu Whirpool Amerika Serikat, telah menciptakan alat *Zera Food Recycler*. Sesuai dengan namanya, alat ini berfungsi untuk mengolah sisa bahan makanan menjadi pupuk hanya dengan kurun waktu 24 jam. Ukuran alat ini cukup besar, tingginya setara dengan meja dapur pada umunya. Kekurangan alat ini adalah pisau pencacah pada Zera tidak cukup kuat untuk memotong-motong tulang belulang. Cara kerja alat dapat dilihat pada gambar 2 dan untuk gambar alat *Zera Food Recycler* dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 2. Diagram alir cara kerja alat *Zera Food Recycler*

a. Alat ZFR

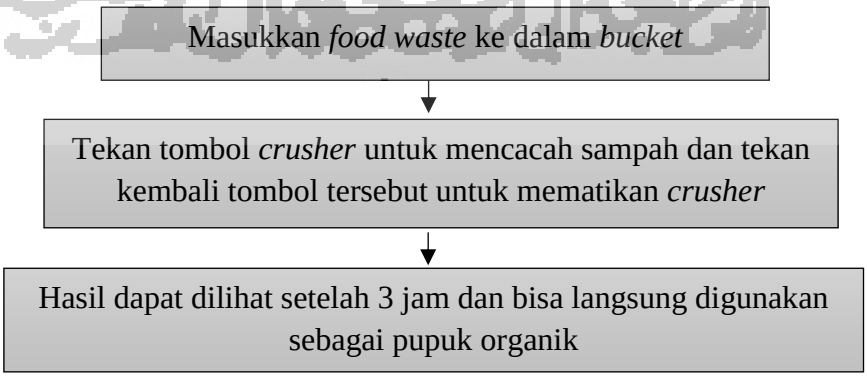


b. *Output* yang dihasilkan

Gambar 3. *Zera Food Recycler*

2.6.2 *Food Cycler*

Teknologi *Food Cycler* merupakan salah satu unit pengomposan skala rumah tangga yang mudah digunakan, tidak menimbulkan bau, dan perawatannya yang mudah. Dengan alat ini sisa-sisa makanan dapat berkurang hingga 90% hanya dengan waktu pengolahan selama 3 jam kemudian output dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik. Terdapat beberapa komponen dari teknologi *Food Cycler* yaitu *carbon filter* untuk menghilangkan bau pada saat proses pengolahan, *bucket waste* (wadah penampung), *crusher* (pisau pencacah) dan *foodlizer tablet* untuk meningkatkan nutrisi bagi tanaman dengan melarutkannya lalu menyemprotkan pada hasil akhir dari *Food Cycler*. Untuk cara kerja alat dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5 alat Food Cycler.



Gambar 4. Diagram alir cara kerja alat *Food Cycler*

a. Gambar alat, *bucket, carbon filter* b. *Output* yang dihasilkan

Gambar 5. *Food Cycler*

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah organik:

2.7.1 *Smart Food Waste Recycling Bin (S-FRB)*

Hongkong merupakan kota penghasil sampah sisa makanan sebanyak 40%. Hal ini disebabkan karena kurangnya lahan untuk pembangunan TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). Kota Hongkong bekerjasama dengan Institut Tanah dan Perumahan Korea Selatan untuk mengoperasikan sistem *Smart Food Waste Recycling Bin* (S-FRB) di Hongkong. S-FRB menggunakan serpihan kayu sebanyak 60kg sebagai biokatalis untuk mempercepat proses pengomposan aerobik. S-FRB dibantu dengan aliran listrik dan memiliki kapasitas limbah makanan sebanyak 15-20kg/hari pada suhu pengomposan 40-50°C dengan pengadukan dan dehidrasi suhu 105°C. S-FRB dilengkapi katalis platinum dan instrumen plasma untuk membuang gas yang dihasilkan dari proses pengomposan. Rata-rata limbah makanan yang dijadikan bahan kompos 607 kg. Proses pengomposan menggunakan listrik rata-rata 35 kWh/hari. Hasil dari proses pengomposan dengan S-FRB adalah

182 kg dengan 80% pengurangan massa sampah, penurunan kadar air 5%, kadar volatil 72%, pH 6,3, salinitas <0,1%, ATP 637 nmol/L, logam berat (Zn 18,3 mg/kg, Pb 5,14 mg/kg, Ini 13,99 mg/kg, Cu 20,29 mg/kg dan Cr 21,72 mg/kg).

2.7.2 *Smart Composting Machine*

Smart Composting Machine merupakan alat untuk mengolah limbah sisa makanan dan dilengkapi dengan pisau pencacah untuk menghancurkan bahan yang akan diolah. Dilakukan proses pemanasan pada suhu 60°C selama 20 jam. Saat proses pengolahan berlangsung, bahan akan diaduk secara otomatis. Alat ini mampu mengolah limbah sisa makanan sebanyak 10kg. Pada penelitian yang dilakukan, limbah makanan sebanyak 1,5kg dengan tiga jenis sampah yang berbeda yaitu limbah basah, sedang dan kering. Hasil dari penelitian ini berhasil mengurangi kadar air pada limbah sampai 63% dan mengurangi massa limbah dari 1,75kg menjadi 1,5kg.

2.7.3 *In-Vessel Composting Machine for Food Waste*

In-Vessel Composting Machine For Food Waste adalah teknologi pengolah limbah sisa makanan yang dikembangkan di Malaysia. Komponen alat terdiri dari *casing, frame, flip plate,* pengaduk, pemanas, kipas, *power supply unit, box controller, box* untuk *activated carbon,* dan *collection chamber*. Alat ini mampu mengolah limbah sisa makanan sebanyak 10kg dengan menggunakan suhu 55°C sampai 65°C. Suhu ini digunakan karena suhu efektif untuk proses dekomposisi limbah yaitu 50°C sampai 70°C. Pengomposan yang dilakukan pada suhu di atas 50°C dapat membunuh bakteri yang terkandung pada limbah, dan pengomposan pada suhu di atas 70°C dapat menghancurkan enzim pada sel mikroba (Hassam, 2010 dalam Shamsuddin, 2017). Pada penelitian ini pengolahan dilakukan selama 30 hari dan alat ini dilengkapi dengan pengadukan secara otomatis per 48 jam sekali.

2.7.4 *Properties of composts from household food waste produced in automatic Composters*

Pengomposan merupakan salah satu teknik pengolahan limbah sisa makanan dengan teknik pengurangan volume dan berat dari linbah makanan yang ada di rumah tangga yang hasilnya dapat langsung digunakan sebagai pupuk untuk pertanian (Fialho, 2010). Pada penelitian ini dilakukan proses pengomposan dengan menggunakan 2 teknologi yaitu *Nature Mill Composter* dan *GreenGood Composter*.

Nature Mill Composter merupakan teknologi untuk mengolah limbah sisa makanan menjadi kompos. Alat ini dibantu dengan aliran listrik dan memiliki pengadukan secara otomatis. Dengan *Nature Mill Composter*, pengomposan sebanyak 1kg limbah sisa makanan diolah dalam waktu 1 minggu dengan suhu 55-65°C. Setelah proses 7 hari selesai, proses selanjutnya adalah pemindahan ke wadah lain dengan suhu 35-45°C selama 1 minggu. Setelah itu kompos akan matang selama 3 bulan pada daerah bebas.

Teknologi *GreenGood Composter* memiliki fungsi yang sama dengan *Nature Mill Composter* yaitu dapat mengolah *food waste* menjadi kompos. Alat ini dilengkapi dengan pengatur suhu, pisau pencacah, *filter* (untuk penghilang bau) dan karbon aktif (penyerap bau busuk). Sebelum sampah sisa makanan diolah, masukkan serbuk gergaji dan mikroba terlebih dahulu. Dengan bantuan mikroba, sampah sisa makanan akan terurai setelah 24 jam pemanasan dan pencampuran. Pada alat ini dilakukan proses pengomposan secara otomatis dengan waktu 14-21 hari pada suhu diatas 70°C dengan rata-rata total sampah sisa makanan 2kg/hari. *Output* yang dihasilkan dari alat tersebut, sampah sisa makanan tidak dapat dijadikan sebagai pupuk bagi pertanian ataupun perkebunan, karena produk yang dihasilkan memiliki kandungan organik yang sangat rendah (Kucbel et al., 2019)